



Nicholas Hartmann
611 N. Broadway, Suite 509
Milwaukee, WI 53202

(414) 731-0211
fax: (414) 271-4892
nh@nhartmann.com

Technical and scientific translator – German, French & Italian into English

Translator's Declaration

I, Nicholas Hartmann, translator, having an office at 611 N. Broadway, Suite 509, Milwaukee, WI, 53202, declare that I am well acquainted with the English and German languages and accredited by the American Translators Association as a translator of German to English, and that the attached document is a true and faithful translation of:

*German patent application bearing filing number 103 45 948.0
filed on October 2, 2003 at the German Patent Office, entitled*

*"Verfahren zur Bewertung und zeitlichen Stabilisierung von
Klassifizierungsergebnissen"*

[Method for evaluation and stabilization over time of classification results]

All statements made herein are to my own knowledge true, and all statements made on information and belief are believed to be true; and further, these statements are made with the knowledge that willful false statements and the like so made are punishable by fine or imprisonment, or both, under Section 1001 of Title 18 of the United States Code, and that such willful false statements may jeopardize the validity of the document.

Date July 8, 2009


Nicholas Hartmann

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



06 SEP 2004
REC'D 29 SEP 2004
WIPO PCT

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 45 948.0

Anmeldetag: 02. Oktober 2003

Anmelder/Inhaber: Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart/DE

Bezeichnung: Verfahren zur Bewertung und zeitlichen
Stabilisierung von Klassifizierungsergebnissen

IPC: G 06 K 9/62

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 4. August 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Kahle

Verfahren zur Bewertung und zeitlichen Stabilisierung von

10 Klassifizierungsergebnissen

Stand der Technik

15 Die Erfindung geht aus von einem Verfahren und System zur
Bewertung von Klassifizierungsergebnissen aus
computerunterstützt ablaufenden Klassifizierungsverfahren,
bei denen zu klassifizierende Objekte über einen Zeitraum
hinweg sensorisch erfasst und wiederholt unter Einbeziehung
20 von bestimmten Gütemaßen für eine Objektklasse
klassifiziert werden. Dabei ist ein solches Gütemaß eine
Maßzahl oder eine andere qualifizierende Angabe innerhalb
eines vorgewählten Bereichs und besitzt Aussagekraft über
die Sicherheit, dass das Objekt der jeweiligen Objektklasse
25 und nicht einer anderen Objektklasse angehört.

In vielen Anwendungsgebieten werden heute Beobachtungen
von Objekten ausgewertet, z.B. im Maschinensehen in
industriellen Fertigungsprozessen,

30 sicherheitstechnischen Anwendungen, in der
Umfelderfassung von Fahrzeugen etc. Diese Beobachtungen
werden von Messeinrichtungen geliefert, welche
prinzipiell aus einem oder mehreren z.T.
unterschiedlichen Sensoren bestehen können, z.B. Radar,

Ultraschall, Video im sichtbaren und infraroten Bereich, Lidar, Laser, Range-Imager.

Eine Zielsetzung in der Verarbeitung von so gewonnenen
5 Objektdaten ist die Klassifizierung. Unter
Klassifizierung versteht man die Zuordnung von Objekten
zu bestimmten Objektklassen. Eine Klasse dient der
Beschreibung von mehreren Objekten, die aufgrund
ähnlicher Merkmale als zusammengehörig betrachtet
10 werden. Klassifizierungssysteme zur Zuweisung von
Objekten zu Objektklassen werden beispielsweise in der
industriellen Fertigung eingesetzt. Auch die Erfassung
und Objektklassifizierung des Umfeldes eines
Kraftfahrzeugs während der Fahrt verspricht großen
15 Nutzen.

Die Klassifizierung nach bekannten Klassifizierungs-
verfahren hat den Nachteil, dass insbesondere bei
Grenzfällen bezüglich der Zuordnung des erfassten
20 Objekts zu einer Klasse ein erhöhtes Risiko der
Fehklassifizierung besteht. So existiert bei
Grenzfällen die hohe Wahrscheinlichkeit, dass das
Objekt bei einzelnen Klassifizierungsergebnissen der
falschen Objektklasse zugeschrieben wird. Auch haben
25 Ausreißer bei der Klassifizierung eines Objekts z.B.
durch Messfehler eine negative Wirkung auf die
Stabilität und Robustheit der derzeit bekannten
Klassifizierungsverfahren.

30 Des Weiteren bieten die Verfahren des Standes der
Technik lediglich eine ja/nein-Klassifizierung des
erfassten Objekts. Diese Ergebnisse sind für
Situationen, die ein differenzierteres
Klassifizierungsergebnis erfordern, wie beispielsweise

bei der Abschätzung von Unfallgefahren für ein Kraftfahrzeug, noch unzureichend. Ein Grund dafür besteht darin, dass ein Objekt bei der zeitlich wiederholten Klassifizierung einmal dieser Klasse, und 5 danach beim Verfolgen des Objektes wieder einer anderen Klasse zugeordnet wird, so dass bedingt durch diese Instabilität kein klar interpretierbares Ergebnis liefert wird. Zusätzlich wäre also die Information wichtig, mit welcher Sicherheit das Objekt nicht auch 10 zu einer der anderen Klassen gehören könnte.

Vorteile der Erfindung

Mit den Maßnahmen der unabhängigen Ansprüche wird eine 15 zeitliche Stabilisierung des Klassifizierungsergebnisses erreicht. Aus den Gütemaßen der Einzelmessungen wird erfindungsgemäß ein Konfidenzmaß berechnet, das im Allgemeinen über eine gewisse Anzahl von Zeitschritten k und entsprechende Einzelmessungen hinweg „integriert“ wird. 20 Eine sprunghaft große Veränderung der Konfidenzmaße je Objektkasse bezüglich einander folgender Zeitschritte wird damit vermieden, so dass einzelne Ausreißer bei der Klassifizierung herausgefiltert werden. Auch erfolgt eine Verfestigung / Abschwächung des 25 Klassifizierungsergebnisses, wenn eine nachfolgende Klassifizierung das Ergebnis einer vorherigen bestätigt oder nicht bestätigt. Dabei wird unter Bestätigung eine zumindest in der Tendenz gleiche Zuordnung des Objekts zu der Klasse verstanden. So kann beispielsweise eine 30 Klassifizierung bezüglich einer Objektklasse als am dritt besten geeignete Klasse unter zehn Klassen noch eine Bestätigung für eine vorherige Klassifizierung des Objekts zu dieser Klasse darstellen.

Durch das sich gemäß der Erfindung laufend wiederholende Verfahren stabilisiert sich das Klassifizierungsergebnis bei Grenzfällen auf die etwas wahrscheinlichere Objektklasse, so dass ein störendes Hin- und Herspringen 5 des Klassifizierungsergebnisses unterdrückt wird und damit das Verfahren robust gegenüber solchen Störungen ist.

Des Weiteren wird durch das Ausnutzen der zeitlichen Information bei der vorliegenden Erfindung eine 10 differenziertere Bewertung des Klassifizierungsergebnisses ermöglicht. Ein solches „endgültiges Klassifizierungsergebnis“ aufgrund von zeitlicher Kontextinformation und in Abhängigkeit von durch viele Messungen angepassten Konfidenzmaßen kann ein wesentlich 15 besseres Ergebnis liefern, als eine Klassifikation aufgrund von Einzelergebnissen.

In den Unteransprüchen sind vorteilhafte Ausgestaltungen, Weiterbildungen und Verbesserungen des jeweiligen 20 Gegenstandes der Erfindung angegeben.

Eine vorteilhafte Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist eine Abhängigkeit der Aufwertung und/ oder der Abwertung des jeweiligen Konfidenzmaßes von dessen 25 absoluter Güte. Dabei wird unter der absoluten Güte des Konfidenzmaßes dessen Höhe verstanden. So kann beispielsweise bei einem hohen Konfidenzmaß eine Aufwertung entsprechend niedrig sein, damit nicht eine zu große Differenz zwischen den Konfidenzmaßen entsteht, weil sonst 30 eine zu große Differenz eine an sich richtige Korrektur einer Fehlklassifikation behindern würde.

Dieses Problem wird auch in einer anderen Weiterbildung des Verfahrens, bei der der zulässige Wertebereich für die Konfidenzmaße begrenzt wird, gelöst.

Eine zusätzliche Verbesserung des erfindungsgemäßen Verfahrens stellt die wichtende Einbeziehung der absoluten Güte der jeweiligen Einzelergebnisse der Klassifizierung 5 bezüglich der einzelnen Objektklassen in die Aufwertung und / oder die Abwertung des entsprechenden Konfidenzmaßes dar. Dadurch fließt in das Klassifizierungsergebnis die Verlässlichkeit der Einzelergebnisse pro Objektklasse mit 10 ein. Dieses hat eine erhöhte Qualität der Klassifizierung zur Folge.

Ein weiterer vorteilhafter Verfahrensschritt ist der des bewertenden Analysierens der berechneten Konfidenzmaße zur Bestimmung eines endgültigen, detaillierten Klassifizierungsergebnisses. Auf diese Weise können differenziertere Aussagen über die Klassifizierung getroffen werden, wie 15 etwa die Aussage, dass das Objekt schlecht in die Klasse A und sehr schlecht in alle anderen Klassen passt. Dies stellt eine Verbesserung der Aussage dar „Klasse A ist die 20 am besten passende“.

Weiter vorteilhaft ist einerseits eine Bewertung als Klassifizierung in eine übergeordnete Klasse bei einem Abwechseln der Klassifizierungsergebnisse zwischen 25 ähnlichen Objektklassen (Beispiel: Ergebnis wechselt zwischen „kleiner Pkw“ und „großer Pkw“ - Endergebnis könnte die Oberklasse „Pkw“ sein) und andererseits eine Bewertung als Abweisung der Klassifizierung, wenn die Klassifizierungsergebnisse zwischen unähnlichen 30 Objektklassen zeitlich hin- und herspringen (Beispiel: Ergebnis wechselt zwischen „Lkw“ und „Fussgänger“ - Endergebnis könnte sein „Objekt lässt sich nicht zuverlässig klassifizieren“).

Insbesondere kann das erfindungsgemäße Verfahren für die Bewertung der Klassifizierungsergebnisse eines Klassifizierungsverfahrens für Objekte aus dem Umfeld eines Fahrzeugs angewendet werden. Dieses kann durch ein

5 computergestütztes Fahrzeuginformationssystem erfolgen, das die folgenden Einrichtungen enthält:

- Wirksame Verbindungen mit zugehörigen Schnittstellen zu Fahrzeugsensoreinrichtungen zur Erfassung von Objekten aus
- 10 dem Umfeld des Fahrzeugs;
- Einen Steuerkreis zur Analyse und Klassifizierung der erfassten Objekte geeignet zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, sowie
- Wirksame Verbindungen mit zugehörigen Schnittstellen zu
- 15 Aktuatoreinrichtungen am Fahrzeug.

Zeichnungen

Anhand der Zeichnungen werden Ausführungsbeispiele der

20 Erfindung erläutert.

Es zeigen

Fig. 1 eine Blockdarstellung eines computergestützten Fahrzeuginformationssystems eingerichtet zur Durchführung einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens;

25 Fig. 2 ein Flussdiagramm für eine Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens; und

Fig. 3 eine Skizze einer Szene im Umfeld eines

30 Fahrzeugs mit Ergebnissen einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Beschreibung von Ausführungsbeispielen

In den Figuren bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche oder funktionsgleiche Komponenten.

5

In und / oder an dem Fahrzeug 1, wie beispielsweise ein PKW, sind mit Bezug zu **Fig. 1** Sensoren 5 zur Erfassung von Objekten (z.B. Bäume, Fußgänger, Personenkraftwagen (PKW) oder Lastkraftwagen (LKW)) aus dem Umfeld des Fahrzeugs 1 10 angebracht. Die Art der Sensoren 5 kann beispielsweise Radar, Ultraschall, Video im sichtbaren und infraroten Bereich, Lidar, Laser und Range-Imager, oder sogenannte Entfernungsbildkamera sein.

Die von den Sensoren ermittelten Messdaten über ein

15 erfasstes Objekt werden über wirksame Verbindungen und Schnittstellen (z.B. Kabel, Funk, Infrarotübertragung) an das im Fahrzeug 1 integrierte Fahrzeuginformationssystem 3 weitergeleitet. Das Fahrzeuginformationssystem 3 besitzt eine Computereinheit 7, der eine Datenbank 9 zugeordnet 20 ist, die Daten über die Merkmale bezüglich der Objektklassen wie z. B. Fußgänger, Transporter und PKW enthält.

Des Weiteren gehört zur Computereinheit 7 ein Steuercampus

25 11 zur Klassifizierung der erfassten Objekte und Bewertung des Klassifizierungsergebnisses. In diesen Steuercampus 11 werden sowohl die Messdaten von den Sensoren 5 als auch die aus der Datenbank 9 benötigten Daten zu den Merkmalen der Objektklassen eingespeist und darin für die Klassifizierung 30 verarbeitet. Dabei werden erfindungsgemäß die Konfidenzmaße, die angeben, wie gut das erfasste Objekt zu der jeweiligen Objektklasse passt, je nach Bestätigung oder Nichtbestätigung der vorherigen Klassifizierung entsprechend auf- oder abgewertet, beispielsweise um drei

Punkte pro Iteration erhöht oder bei der Abwertung um 3 Punkte erniedrigt.

Auch erfolgt gemäß der Erfindung in der Computereinheit 7

5 eine programmierte, bewertende Analyse des Klassifizierungsergebnisses. Dadurch wird eine differenzierte Klassifizierung erzielt, wie beispielsweise die Aussage, dass das Objekt sehr gut in die Klasse A und mittelmäßig in alle anderen Klassen passt.

10

Wenn das Klassifizierungsergebnis erfindungsgemäß eine ausreichende zeitliche Stabilität erreicht hat, können von der Steuereinheit 7 - falls gewollt - über wirksame Verbindungen (z.B. Kabel, Funk, Infrarotübertragung)

15 bestimmte Aktuatoren 13 des Fahrzeugs 1 angesteuert, etwa die Bremse betätigt werden, wenn das Klassifizierungsergebnis beispielsweise im Zusammenhang mit einer Kollisionsvorhersage und einem Sicherheitssystem eingesetzt wird.

20

In **Figur 2** ist eine Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens als Flussdiagramm dargestellt.

Eine auf einer Einzelmessung mit den vorerwähnten

25 Sensoren und einer Einzelinterpretation der sich ergebenden Messergebnisse beruhende Vorklassifizierung 100, die noch keine zeitliche Stabilisierung enthält und noch kein Konfidenzmaß im Sinne dieser Anmeldung darstellt, liefert für jedes zu untersuchende Objekt

30 Maßzahlen als „Gütemaß“ im vorerwähnten Sinn für die Übereinstimmung mit allen zu unterscheidenden Klassen. Motiviert aus der Informationstheorie wird in diesem Beispiel als Maß eine so genannte Wortlänge verwendet, die bei einer guten Übereinstimmung von Objekt und

Objektklasse klein werden soll. Im folgenden ist diese „Klassifizierungswortlänge“ mit „w_i“ bezeichnet, wobei i als Index für eine Klasse steht.

5 Als mögliche Erweiterung kann zusätzlich zu den Klassifizierungswortlängen w_i eine „Rückweisungswortlänge“ w_rej_i berechnet werden. Dieses Maß bezieht sich auf die Frage, ob das Objekt mit der jeweiligen Objektklasse NICHT übereinstimmt und

10 zurückzuweisen ist. Die Berechnung von w_rej_i kann prinzipiell anders erfolgen als die von w_i. Beide Ergebnisse der Vorklassifizierung, w_i und w_rej_i, oder aber nur eines von beiden, werden in diesem Beispiel als Eingangsgrößen des erfindungsgemäßen Verfahrens verwendet, das vorerwähnte „Gütemaß“ dient also zur Berechnung des eigentlichen Konfidenzmaßes, wie nachfolgend näher beschrieben wird.

20 Für das zu klassifizierende Objekt gibt es für jede der zu unterscheidenden Objektklassen eine sogenannte Hypothese. Hypothese i lautet: „das Objekt gehört zu Klasse i“.

25 Zur Bewertung der Wahrscheinlichkeit für das Zutreffen einer Hypothese steht das Konfidenzmaß „conf_i“. Das erfindungsgemäße Verfahren benutzt diese Konfidenzmaße zur Bewertung aller Klassifizierungswortlängen.

30 Zusätzlich zu den oben genannten Eingangsdaten verwendet das Bewertungssystem erfindungsgemäß die Konfidenzmaße aus vergangenen Zeitschritten (k-1) „conf_i_k-1“ für jede der einzelnen Hypothesen.

Innerhalb des Verarbeitungsschrittes 110 der Anpassung der Konfidenzmaße erfolgt eine Unterscheidung 120 nach bestimmten Fällen. Die Behandlung dieser Fälle kann je nach Anwendung unterschiedlich sein, d.h. das System

5 ist prinzipiell auch ohne Fallunterscheidung bzw. mit weniger oder auch mehr Unterscheidungen einsetzbar. In diesem Beispiel werden die folgenden 3 Fälle unterschieden:

10 a) Das Objekt wurde im aktuellen Zeitschritt klassifiziert und nicht zurückgewiesen.

b) Das Objekt wurde im aktuellen Zeitschritt vom Klassifizierer als zu keiner der Objektklassen zugehörig eingestuft und somit zurückgewiesen. Dies

15 kann beispielsweise durch den Vergleich der Rückweisungswortlängen w_{rej_i} für alle Klassen mit einer festgelegten Rückweisungsschwelle erfolgen.

c) Für das Objekt liegen im aktuellen Zeitschritt keine Klassifizierungswortlängen (w_i und/oder w_{rej_i})

20 vor. Dies kann auf unzureichende Eingangsdaten des Klassifizierers zurückzuführen sein, oder aber auch eine bewusste Nichtbearbeitung des Objektes zum Grund haben. Beispielsweise kann es mit dem Ziel einer hohen Verarbeitungsgeschwindigkeit sinnvoll

25 sein, ein Objekt mit einem bereits hohen Konfidenzmaß im aktuellen Zeitschritt nicht erneut zu klassifizieren, sondern die Klassifizierung nur aufgrund der alten Konfidenzmaße durchzuführen.

30 Zu Fall a), das Objekt wurde im aktuellen Zeitschritt klassifiziert:

Gemäß der Klassifizierungswortlängen w_i muss eine Aufwertung des entsprechenden Konfidenzmaßes erfolgen.

Eine Möglichkeit stellt die Aufwertung nach einer Sortierung der Güte der einzelnen Hypothesen dar:
Sämtliche Wortlängen w_i werden aufsteigend sortiert,
5 das kleinste w_i bezeichnet damit die „am besten übereinstimmende“ Klasse für das Objekt. Gemäß dieser Rangliste werden die Konfidenzmaße für jede Hypothese aufgewertet. Ein Schema kann wie folgt aussehen:

10 - Konfidenzmaß für die Klasse auf Platz 1 der Liste
wird um 5 Punkte aufgewertet;

- Konfidenzmaß für die Klasse auf Platz 2 der Liste
wird um 3 Punkte aufgewertet;

- Konfidenzmaß für die Klasse auf Platz 3 der Liste
15 wird um 1 Punkt aufgewertet;

- Alle weiteren Konfidenzmaße bleiben unverändert.

Die Zahl der berücksichtigten Klassen und die Relation der Aufwertungen ist dabei nach Anwendungsfall frei
20 wählbar.

Zusätzlich wird die Aufwertung in Abhängigkeit von der absoluten Güte des Einzelergebnisses vorgenommen.
Hierbei wird für jede Klasse ein zusätzlicher
25 Gewichtungsfaktor g_i berechnet, siehe Schritt 130.
Dieser berücksichtigt die Güte des Ergebnisses je Klasse (also die Höhe von w_i in Relation zu einer bestimmten Schwelle). Als Beispiel kann hier der Abstand von w_{rej_i} zur Rückweisungsschwelle verwendet
30 werden: dieser Abstand ist ein Maß für die Bewertung „das Objekt gehört keiner der Klassen an“.

$$g_i = \max \left(0 ; 1 - \frac{w_{rej_i}}{\text{Rückweisungsschwelle}} \right)$$

Für Objekte, die zwar klassifiziert, aber beinahe schon zurückgewiesen wurden, nimmt der Gewichtungsfaktor einen Wert nahe 0 an. Dies bedeutet, dass die entsprechende Hypothese eigentlich kaum noch bestätigt

5 wird und daher eine Aufwertung des Konfidenzmaßes nicht plausibel ist. Für ein Ergebnis höherer Güte - dies entspricht einem größeren Abstand zur Rückweisungsschwelle - strebt g_i gegen 1. Dies gilt für die Annahme von positiven w_{rej_i} .

10 Das Ergebnis für die Aufwertung der Konfidenzmaße lautet dann: $5*g_i$ für die Klasse auf Platz 1 und $3*g_i$, bzw. $1*g_i$ entsprechend für Platz 2 und 3.

15 Zu Fall b), das Objekt wurde im aktuellen Zeitschritt vom Klassifizierer „zurückgewiesen“:

Im Fall der Rückweisung werden die Konfidenzmaße aller Hypothesen abgewertet: Eine Rückweisung des Objektes bedeutet, dass das Objekt keiner der gegebenen Klassen

20 zugeordnet werden kann, somit wird keine der gegebenen Hypothesen unterstützt.

Im Zusammenhang mit dem unter Fall a) genannten Zahlenbeispiel einer Aufwertung von 5:3:1, kann für

25 Fall b beispielsweise eine Abwertung aller Konfidenzmaße um 4 erfolgen.

Wie auch in Fall a) wird für die Abwertung der Konfidenzmaße ein güteabhängiger zusätzlicher

30 Gewichtungsfaktor $g2_i$ für jede Klasse i verwendet 130. Dieser kann sich beispielsweise wieder nach dem Abstand der Rückweisungswortlänge w_{rej_i} von einer gegebenen Rückweisungsschwelle richten:

$$g2_i = \min\left(1 ; \left|1 - \frac{w_rej_i}{Rückweisungsschwelle}\right|\right)$$

In diesem Fall nimmt $g2_i$ große Werte (maximal 1) für einen großen Abstand zur Rückweisungsschwelle an: Je eindeutiger das Objekt zurückgewiesen wurde, desto

5 stärker muss das Konfidenzmaß abgewertet werden. Für w_rej_i nahe der Rückweisungsschwelle strebt der Gewichtungsfaktor $g2_i$ gegen 0 (keine Abwertung).

Zu Fall c), für das Objekt liegt im aktuellen

10 Zeitschritt kein Klassifizierungsergebnis vor:

Im Fall des Fehlens von Klassifizierungswortlängen (w_i und/oder w_rej_i) werden sämtliche Konfidenzmaße um einen bestimmten gleichen Betrag abgewertet. Dies steht

15 für eine Verringerung der Sicherheit in Bezug auf die Richtigkeit der Hypothesen. Für das herangezogene Zahlenbeispiel ist eine Abwertung aller Konfidenzmaße um 1 gewählt. Dabei ist klar, dass die absoluten Zahlen passend zur Iterationsrate der Klassifizierung, passend 20 zu Wertebereichsgrenzen und passend zur Anwendung des Verfahrens gesetzt werden sollten. Die Iterationsrate ist dabei die Häufigkeit, mit der pro vorgegebener Zeiteinheit in den oben genannten Zeitschritten k einzelne Gütemaße berechnet werden.

25

Auch hier ist eine differenziertere Abwertung in Abhängigkeit unterschiedlicher Fälle (z.B. gemäß einer Fragestellung „warum wurde das Objekt nicht klassifiziert?“, etc.) vorteilhaft anwendbar.

30

Anpassung des Wertebereiches, siehe Schritt 140:

Eine Anpassung 140 des Wertebereiches der Konfidenzmaße erfolgt durch dessen Begrenzung. Auch hierbei ist klar,

5 dass die absoluten Zahlen passend zur Iterationsrate der Klassifizierung und passend zur Anwendung des Verfahrens gesetzt werden sollten.

Der Wertebereich muss nicht zwangsläufig symmetrisch um

10 Null sein, ein kleineres Intervall für negative Konfidenzmaße und ein größeres für positive kann sich je nach Anwendung als zweckmäßig erweisen. In diesem Beispiel wird ein Bereich von -20 bis 200 gewählt.

15 Fallen die Konfidenzmaße in Folge einer Auf-/Abwertung aus diesem Wertebereich, ist eine Anpassung erforderlich, da eine Klassifizierung sonst nicht mehr möglich ist, da alle oder zumindest mehrere Hypothesen gleichermaßen unterstützt würden. Diese kann für einen 20 Unterlauf und Überlauf des Wertebereiches unterschiedlich erfolgen. Eine mögliche Anpassung ist:

- bei Unterlauf des Wertebereiches werden die Konfidenzwerte abgeschnitten. Droht ein Konfidenzmaß unter diese Marke zu fallen, wird es auf den minimal möglichen Wert gesetzt.
- Bei Überlauf des Wertebereiches werden die Konfidenzmaße nicht einfach abgeschnitten, sondern entsprechend ihrer Relation zueinander angepasst: Beispielweise ist bei Erreichen des Maximalwertes bei einem Konfidenzmaß eine Abwertung aller anderen Konfidenzmaße um jenen Wert durchführbar, um den das hohe Konfidenzmaß normalerweise aufgewertet worden wäre. Somit bleibt der Abstand der hohen

Konfidenzmaße im Vergleich zu den anderen Konfidenzmaßen erhalten.

Die genannte Anpassung ist hier nur ein Beispiel für
5 die Vielzahl möglicher Vorgehensweisen.

Bestimmung des endgültigen Klassifizierungsergebnisses,
Schritt 150:

10 Als letzter Bearbeitungsschritt des Verfahrens gemäß Ausführungsbeispiel erfolgt erfindungsgemäß die Bestimmung 150 des Klassifizierungsergebnisses für das betrachtete Objekt. Dieses Ergebnis wird auf Grundlage der berechneten Konfidenzmaße ermittelt.

15 Hier existieren sehr viele Möglichkeiten der detaillierten Auswertung, wie zum Beispiel:

- weise das Objekt derjenigen Klasse zu, für die das
20 höchste Konfidenzmaß vorliegt.
- Zusätzlich alternativ: das Klassifizierungsergebnis ist nur dann gültig, wenn dieses höchste Konfidenzmaß eine gegebene Mindestschwelle überschreitet.
- Zusätzlich alternativ: das Klassifizierungsergebnis ist nur dann gültig, wenn der Abstand dieses
25 höchsten Konfidenzmaßes zum zweithöchsten Konfidenzmaß eine vorgegebene Schwelle überschreitet (andernfalls: kennzeichne das Ergebnis als „nicht eindeutig“)

Zur erfindungsgemäßen zeitlichen Stabilisierung werden die Konfidenzmaße zwischengespeichert und als

Eingangsdaten für den nächsten Bearbeitungsschritt des Verfahrens verwendet.

Figur 3 zeigt eine Darstellung einer Szene im Umfeld eines

5 Fahrzeuges mit Ergebnissen einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Dabei wird für jedes der in der dargestellten Szene vorkommenden Objekte (hier nur Fahrzeuge), von denen eines mit Bezugszeichen 206 gekennzeichnet ist, in Icons 200 die Klasse des Objekts 10 durch ein Symbol 202 eingeblendet und mit einem Balken 204 die Höhe der Konfidenzmaße angezeigt. Eine solche Darstellung ist nicht für den Fahrer bestimmt, sondern dient nur der weiteren Erläuterung der vorliegenden Erfindung.

15 Obwohl die vorliegende Erfindung anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels vorstehend beschrieben wurde, ist sie darauf nicht beschränkt, sondern auf vielfältige Weise modifizierbar, etwa die absolute 20 Größe der Auf- / Abwertungs-Deltazahlen, die zeitliche Iterationsdauer, oder die Grenzen.

Das erfindungsgemäße Verfahren lässt sich zur Verbesserung jeder Art von Klassifizierung verwenden.

25 Das Verfahren besteht aus mehreren, größtenteils voneinander unabhängigen Schritten und Varianten und kann flexibel aufgebaut werden.

30 Schließlich können die Merkmale der Unteransprüche im wesentlichen frei miteinander und nicht durch die in den Ansprüchen vorliegende Reihenfolge miteinander kombiniert werden, sofern sie unabhängig voneinander sind.

10 Patentansprüche

1. Verfahren zur Bewertung und zeitlichen Stabilisierung von Klassifizierungsergebnissen aus computerunterstützt ablaufenden

15 Klassifizierungsverfahren (100), bei denen zu klassifizierende Objekte (206) über einen Zeitraum hinweg sensorisch erfasst und wiederholt unter Einbeziehung von Gütemaßen je Objektklasse klassifiziert werden, **gekennzeichnet durch die Schritte,**

20 a) Aufwerten (110, 120) eines aus den Gütemaßen berechneten Konfidenzmaßes, wenn eine nachfolgende Klassifizierung das Ergebnis einer vorherigen Klassifizierung bestätigt,

25 b) Abwerten (110, 120) des Konfidenzmaßes, wenn eine nachfolgende Klassifizierung das Ergebnis einer vorherigen Klassifizierung nicht bestätigt,

c) Erzeugen (150) eines endgültigen Klassifizierungsergebnisses unter Einbeziehung der 30 auf- oder abgewerteten Konfidenzmaße.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Aufwertung (110, 120) und / oder Abwertung (110, 120) in

Abhängigkeit von der absoluten Güte des Konfidenzmaßes vorgenommen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die absolute Güte der jeweiligen Einzelergebnisse der Klassifizierung (100) bezüglich der einzelnen Objektklassen wichtet in die Aufwertung (110, 120) und / oder Abwertung (110, 120) der jeweiligen Konfidenzmaße einbezogen wird.

10

4. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der zulässige Wertebereich für die auf- oder abgewerteten Konfidenzmaße begrenzt ist (140).

15

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, enthaltend den zusätzlichen Schritt des bewertenden Analysierens der berechneten Konfidenzmaße zur Bestimmung (150) eines endgültigen, detaillierten Klassifizierungsergebnisses.

20

6. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem ein Abwechseln der Klassifizierungsergebnisse zwischen bestimmten Objektklassen als Klassifizierung (150) in eine diesen Objektklassen übergeordnete Klasse bewertet wird.

25

7. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem ein Abwechseln der Klassifizierungsergebnisse zwischen unähnlichen Objektklassen als Rückweisung einer Klassifizierung des Objekts (206) bewertet wird.

30

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem Klassifizierungsergebnisse eines Klassifizierungsverfahrens (100) für Objekte aus dem

Umfeld eines Fahrzeugs (1) bewertet werden.

9. Computergestütztes Fahrzeuginformationssystem (3) enthaltend Verbindungsschnittstellen zu Fahrzeugsensoreinrichtungen (5) zur Erfassung von Objekten (206) aus dem Umfeld des Fahrzeugs (1), und einen Steuerkreis (11) zur Analyse und Klassifizierung der erfassten Objekte (206), eingerichtet zur Durchführung eines der Verfahren nach Anspruch 8.
10. Fahrzeuginformationssystem (3) nach dem vorstehenden Anspruch, enthaltend Verbindungsschnittstellen zu Aktuatoreinrichtungen (13) am Fahrzeug (1).

5

10

Zusammenfassung

15 Die Erfindung betrifft computerunterstützt ablaufende Klassifizierungsverfahren (100), und insbesondere ein Verfahren zur Bewertung und zeitlichen Stabilisierung von Klassifizierungsergebnissen, bei denen zu klassifizierende Objekte über einen Zeitraum hinweg sensorisch erfasst und

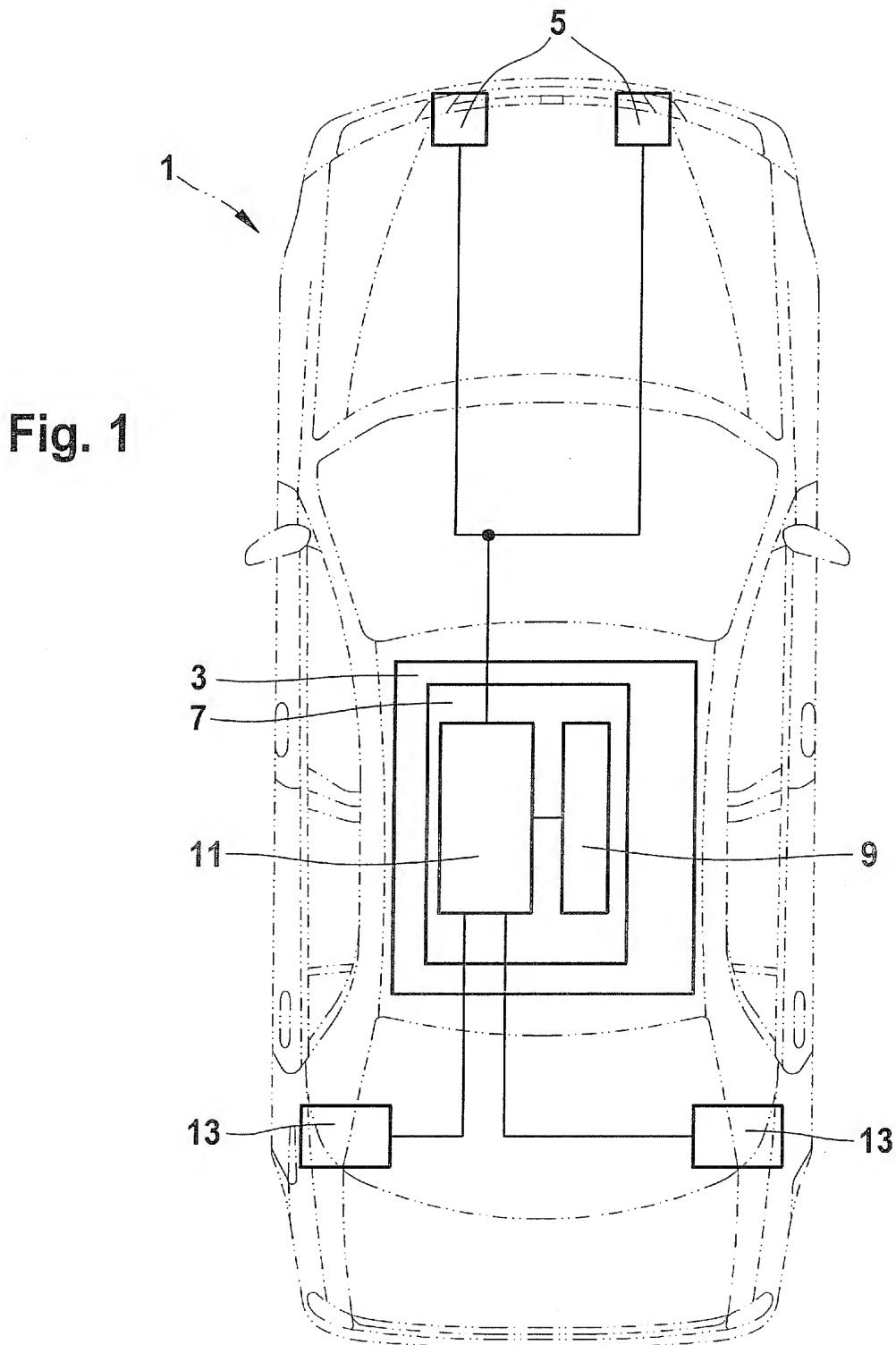
20 wiederholt unter Einbeziehung von Gütemaßen je Objektklasse klassifiziert werden. Um für bessere Klassifizierungssicherheit zu sorgen, werden die folgenden Schritte durchgeführt:

25 a) Aufwerten (110, 120) des Konfidenzmaßes, wenn eine nachfolgende Klassifizierung das Ergebnis einer vorherigen Klassifizierung bestätigt,

b) Abwerten (110, 120) des Konfidenzmaßes, wenn eine nachfolgende Klassifizierung das Ergebnis einer vorherigen Klassifizierung nicht bestätigt,

30 c) Erzeugen (150) eines endgültigen Klassifizierungsergebnisses unter Einbeziehung der auf- oder abgewerteten Konfidenzmaße.

(Fig. 2)



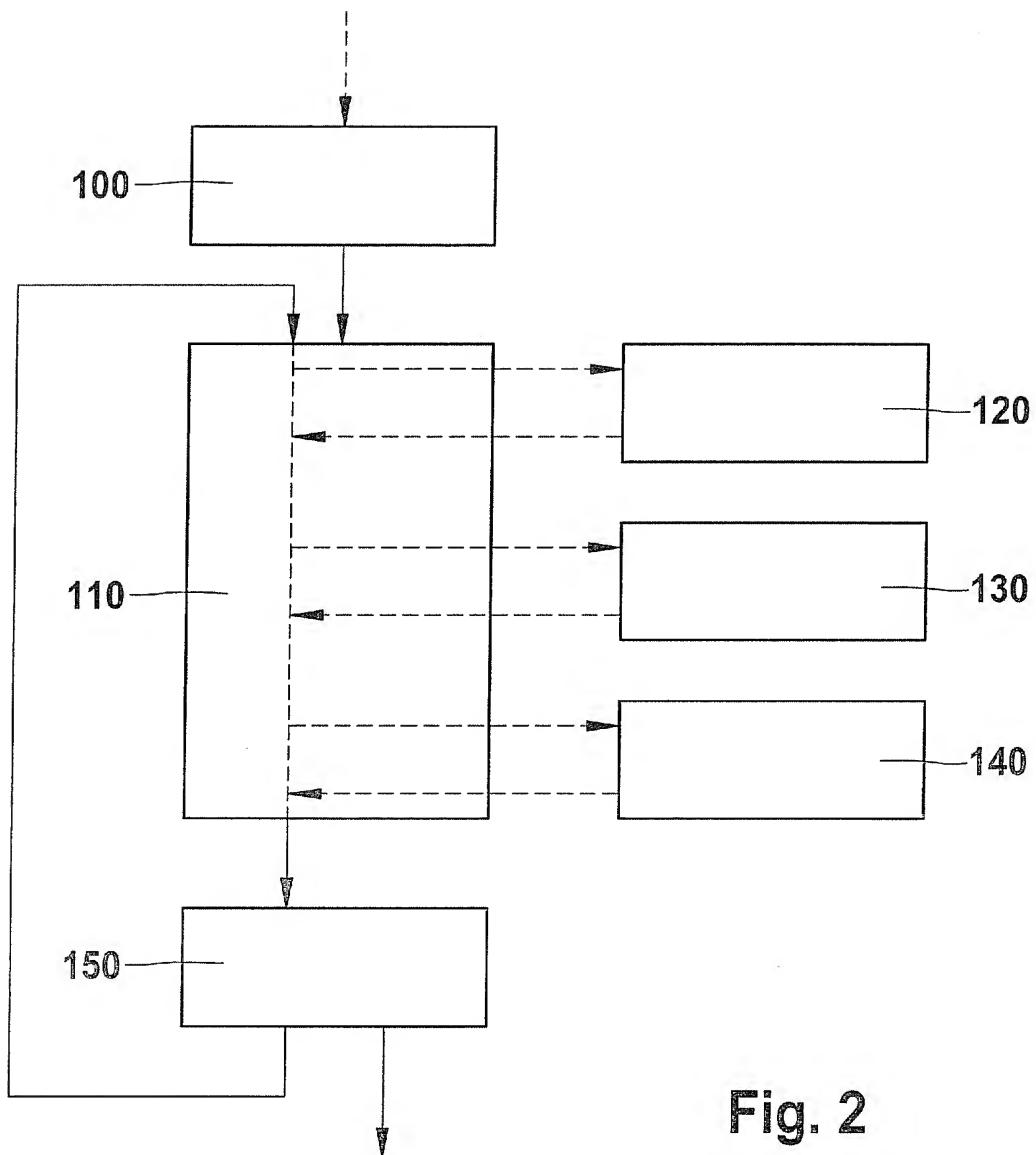


Fig. 2

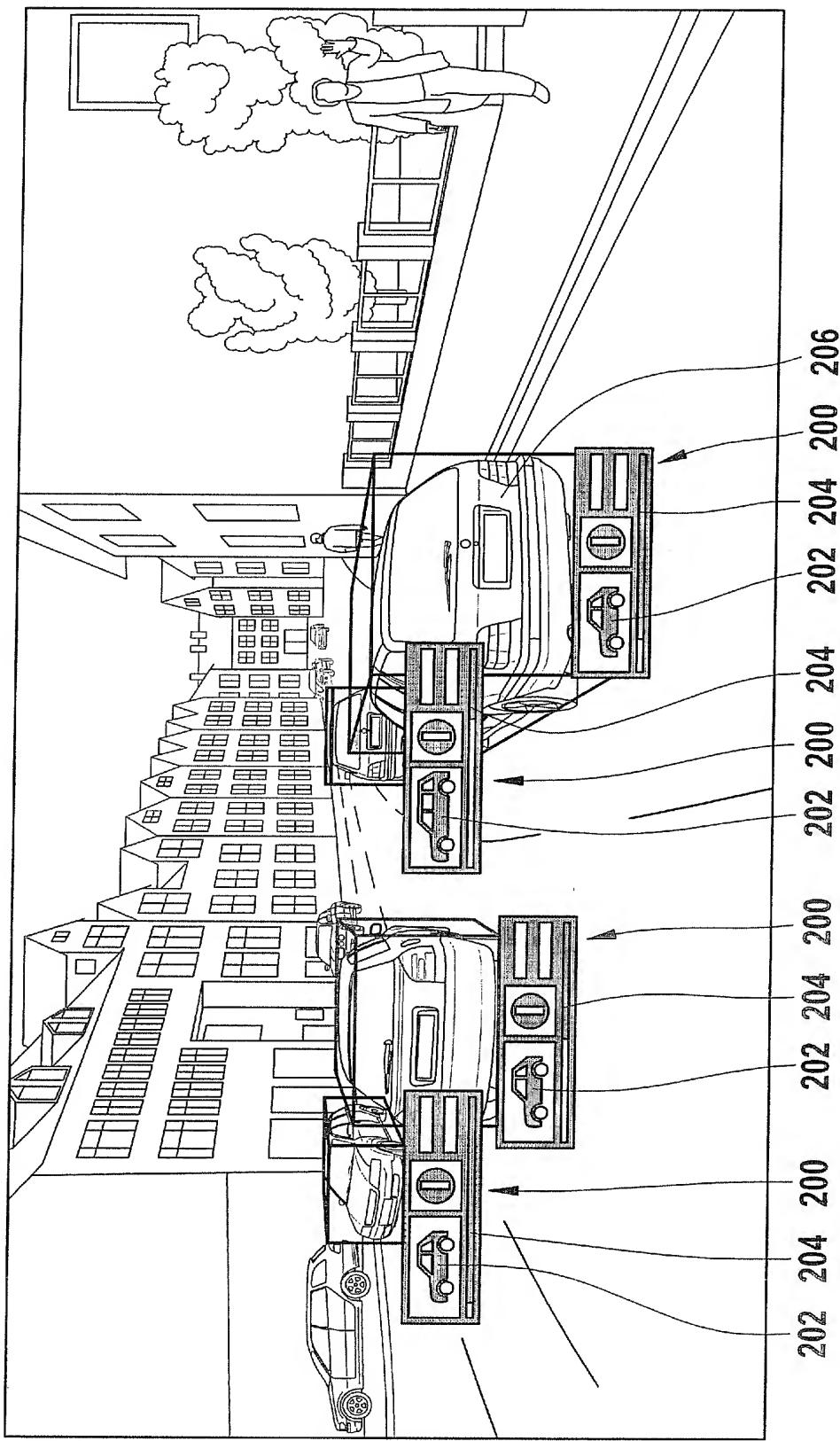


Fig. 3